

PLANAR ANTENNA ARRAY FOR KU BAND

Jakub Prouza

Master Degree Programme (2), FEEC BUT

E-mail: xprouz03@vutbr.cz

Supervised by: Zbyněk Raida

E-mail: raida@feec.vutbr.cz

Abstract: The paper deals with the design of an antenna element of an ultra-wideband antenna array for specialized applications. The realized gain of the whole structure, the main beam width and the possibility of electronic beamforming in the horizontal plane are the most important parameters of the designed antenna array. The numerical model of the antenna array is created, and parameters are verified to prove suitability for ultra-wideband applications.

Keywords: Antenna array, UWB, Ku band, Vivaldi antenna

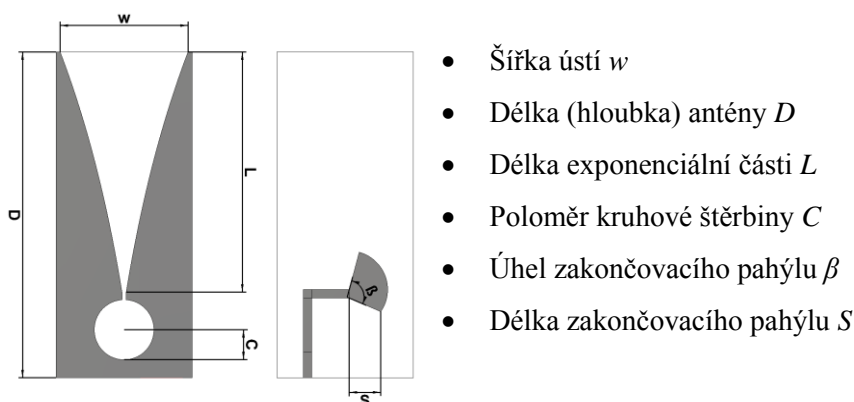
1 ÚVOD

Cílem této práce je na základě výběru vhodného anténního elementu vytvořit numerický model anténního pole pro frekvenční pásmo 12 GHz – 18 GHz. Anténní pole by svými vlastnostmi mělo být vhodné pro použití v oblastech vyžadujících vysoký zisk a přesně daný tvar vyzařovací charakteristiky. Jedním z hlavních požadavků pro návrh anténního pole jsou oddělené prvky pro vertikální a horizontální polarizaci, a dále také možnost řízení svazku v horizontální rovině pomocí relativního posunu fáze mezi sousedními elementy. Ve vyzařovacích charakteristikách je důraz kladen na šířku svazku v horizontální rovině, která by ideálně měla být kolem 5° .

2 VIVALDIHO ANTÉNA

Jako základní anténní element byla pro návrh pole zvolena Vivaldiho anténa. Tato anténa patří do skupiny antén s podélným vyzařováním [1].

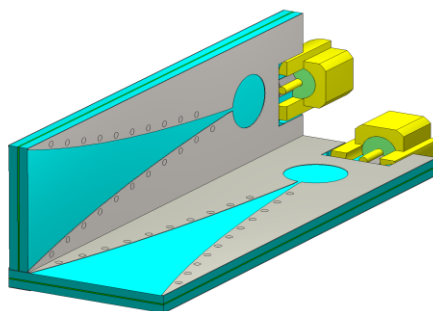
Štěrbina antény byla vyhotovena v jedné vrstvě pokovení mikrovlnného substrátu [2]. Napájecí vedení, tvořené mikropáskovým vedením a zakončovací pahýlem, je vyhotoveno na opačné straně substrátu. Ilustrace antény s rozměry navrženého elementu jsou uvedeny na obrázku 1.



Obrázek 1: Rozměry Vivaldiho antény

2.1 ZÁKLADNÍ BUŇKA

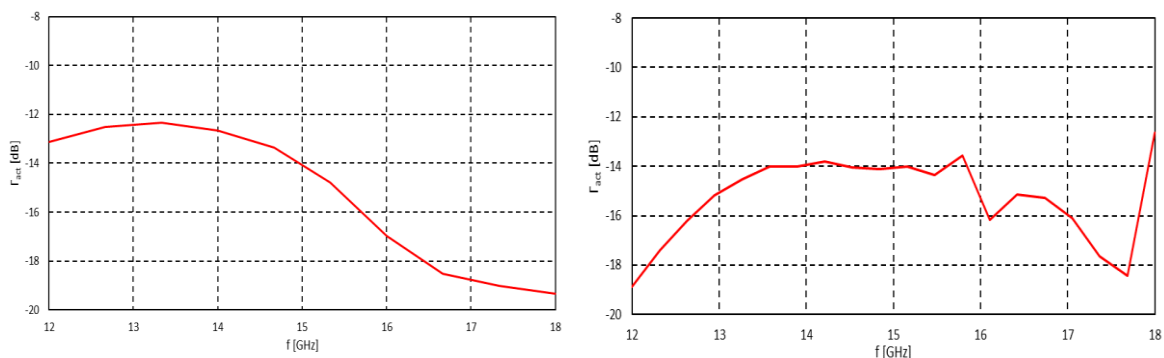
Základní buňka, z níž je následně vytvořeno celé anténní pole, se skládá ze dvou totožných anténních elementů, vzájemně otočených o 90° . Tím dosáhneme obou požadovaných polarizací (viz obrázek 2). Hlavní rozměry antény jsou šířka ústí $w = 7,7$ mm a délka antény $D = 26,2$ mm.



Obrázek 2: Základní buňka anténního pole

V rámci práce byl nejprve navržen anténní element tvořený jednou deskou substrátu, jehož numerický model byl méně náročný pro výpočty, a byl tedy vhodný pro simulaci pole o větším množství prvků (viz kapitola 2.2). Pro větší mechanickou odolnost výsledné struktury byl navržen anténní element se dvěma deskami mikrovlnného substrátu složený ze dvou totožných exponenciálních štěrbin v horní a dolní vrstvě pokovení a napájecího obvodu ve střední vrstvě pokovení. Vzhledem k větší výpočetní náročnosti tohoto modelu byl element využit v anténním poli s redukováným počtem prvků (viz kapitola 2.3).

Simulace činitele odrazu byly provedeny ve frekvenčním rozsahu 12 GHz – 18 GHz a pro skenovací prostor definovaný úhlem $\pm 20^\circ$ v horizontální rovině pro ověření možnosti řízení hlavního svazku. Výsledky uvedené na obrázku 3 ukazují dobrou míru impedančního přizpůsobení přes celé frekvenční pásmo a pro daný skenovací úhel.

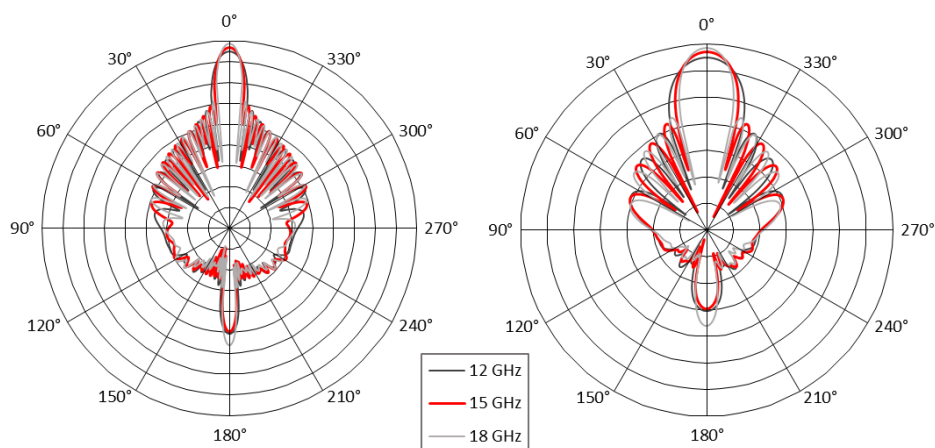


Obrázek 3: Průběh činitele odrazu pro jednovrstvou a dvouvrstvou anténu

2.2 ANTÉNNÍ POLE 32×16 BUNĚK

Z anténního elementu s jednou vrstvou mikrovlnného substrátu bylo vytvořeno pole o rozměrech 32×16 buněk. Vzhledem k velikosti pole bylo využito rozložení amplitud v jednotlivých elementech dle Taylorovy řady zajišťující lepší hodnoty potlačení bočních laloků. Využito bylo substrátu Rogers RT5880 s tloušťkou 0,254 mm.

Na obrázku 4 jsou uvedeny vyzařovací charakteristiky ve vertikální i horizontální rovině pro tři význačné kmitočty. Je viditelné velké množství postranních laloků. Jejich potlačení se pohybuje okolo 25 dB, šířka svazku v horizontální rovině je pak na středním kmitočtu $5,4^\circ$. Dosažený zisk je 27 dB na frekvenci 15 GHz.

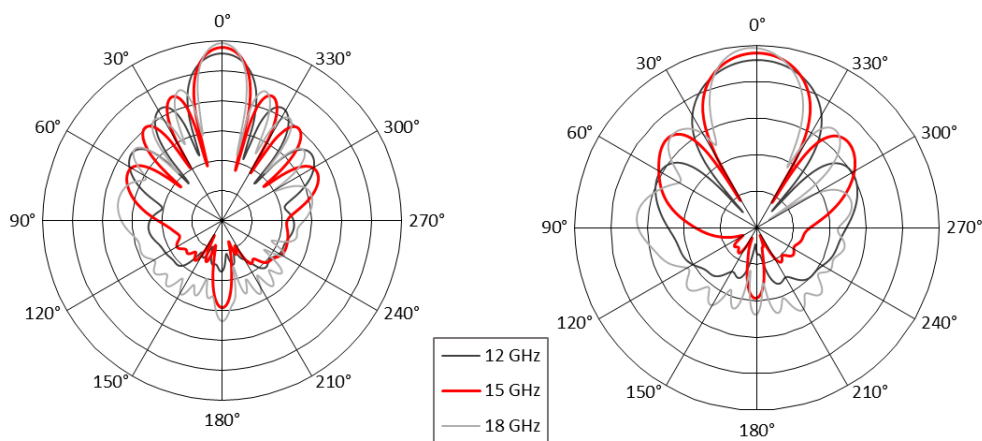


Obrázek 4: Vyzařovací charakteristiky anténního pole 32×16

2.3 ANTÉNNÍ POLE 8×4 BUNĚK

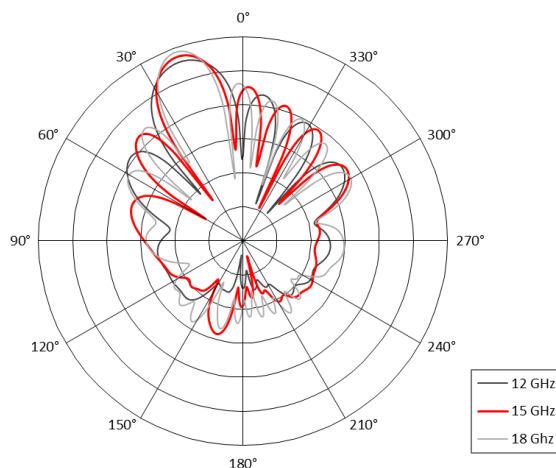
Pro snížení výpočetní náročnosti bylo druhé anténní pole s elementy na dvou deskách substrátu navrženo o rozměrech 8×4 buněk a simulováno bylo bez řízeného rozložení amplitud pro potlačení postranních laloků. Využito bylo substrátu Rogers RO4730JXR s tloušťkou 0,526 mm.

Získané vyzařovací charakteristiky (obrázek 5) ukazují očekávaný pokles bočních laloků a také jejich horší hodnoty potlačení. Hodnota potlačení bočních laloků 13 dB je plně v souladu s teorií [3], dle které není možné u anténního pole o více jak osmi prvcích dosáhnout lepších hodnot potlačení bočních laloků, než s hodnotou 13,26 dB. Vzhledem k menšímu počtu prvků v anténním poli je šířka svazku v horizontální rovině jen $13,3^\circ$ a dosažený zisk na frekvenci 15 GHz klesl na hodnotu 17,9 dB. I přes zjevně zhoršené parametry jde ale o zhoršení úměrné menšímu počtu prvků v poli a uniformnímu rozložení amplitud ve všech elementech.



Obrázek 5: Vyzařovací charakteristiky anténního pole 8×4

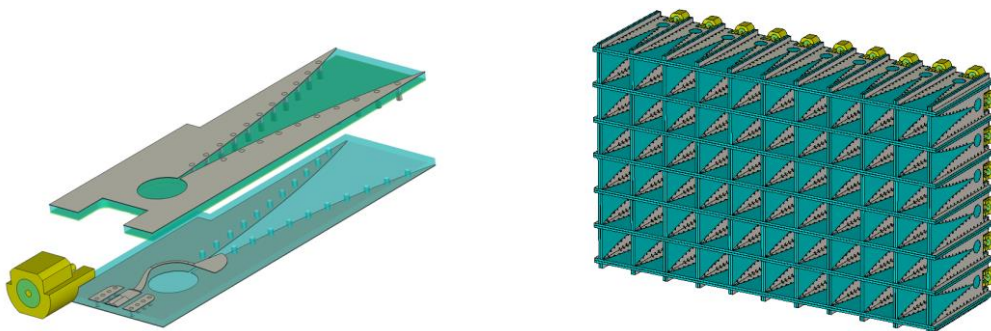
Jedním z požadavků na návrh anténního pole je schopnost řízení svazku v horizontální rovině pomocí změn fáze. Tato schopnost je demonstrována na obrázku 6.



Obrázek 6: Směrování svazku v horizontální rovině

3 ZÁVĚR

Vytvořené numerické modely anténního pole s využitím Vivaldiho prvku prokázaly, že tato koncepce je vhodná pro využití v systémech vyžadujících vysoký zisk, definovaný tvar vyzařovací charakteristiky, a také možnost řízení svazku. Ačkoliv nebylo u druhého návrhu dosaženo výsledků prvního navrženého pole, lze předpokládat, že při případném návrhu většího anténního pole bude dosaženo výsledků plně srovnatelných. Mechanické provedení jak jednoho prvku, tak celého anténního pole včetně konektoru SMPM je uvedeno na obrázku 7.



Obrázek 7: Navržený anténní element a anténní pole

PODĚKOVÁNÍ

The presented research was supported by the Internal Grant Agency of Brno University of Technology project no. FEKT-S-17-4713.

REFERENCE

- [1] BALANIS, Constantine. Antenna theory: analysis and design. 3rd ed. Hoboken: Wiley-Interscience, 2005. ISBN 978-0-471-66782-7. Orság, F.: Vision für die Zukunft. Biometrie, Kreutztal, DE, b-Quadrat, 2004, s. 131-145, ISBN 3-933609-02-X
- [2] GROSS, Frank, ed. Frontiers in antennas. New York: McGraw-Hill, 2011. ISBN 978-0-07-163793-0.
- [3] HANSEN, Robert. Phased array antennas. 2nd ed. Hoboken, N.J.: Wiley, 2009. Wiley series in microwave and optical engineering. ISBN 04-704-0102-8.